

РАЗВОЈ ВИРТУЕЛНОГ ПРОТОТИПА МАШИНЕ АЛАТКЕ БАЗИРАНЕ НА O-X GLIDE МЕХАНИЗМУ

DEVELOPMENT OF A MACHINE TOOL VIRTUAL PROTOTYPE BASED ON O-X GLIDE MECHANISM

Ђорђе Пуповац, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – У раду је показан развој виртуелне машине алатке базиране на O-X glide механизму. Виртуелни прототип је конфигурисан у CAD/CAM окружењу и посматра се могућност симулације обраде. Извршена је верификација применом тест радног предмета.

Кључне речи: O-X glide, виртуелна машина алатка, Siemens NX

Abstract – The paper shows the development of a virtual machine tool based on the O-X glide mechanism. The virtual prototype was configured in the CAD/CAM environment and the possibility simulation can be observed. Verification was performed using a test workpiece.

Keywords: O-X glide, virtual machine tool, Siemens NX

1. УВОД

Индустријска револуција, која је трајала од касног 18. века до почетка 19. века, била је период брзих технолошких и друштвених промена које су трансформисале производњу добара и услуга. Маachine алатке су имале пресудну улогу у овој трансформацији јер су омогућиле масовну производњу стандардизованих и заменљивих делова као што су завртњевци, ексерци, зупчаници и цилиндри.

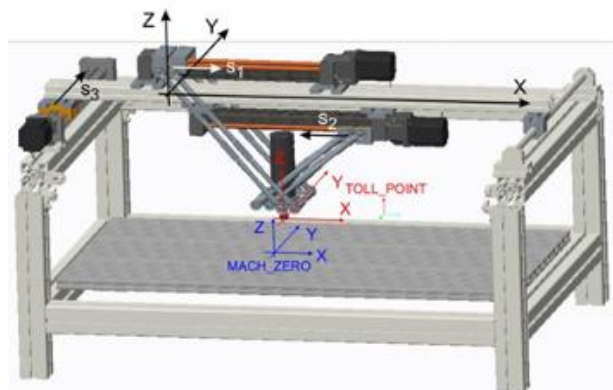
Циљ рада јесте формирање виртуелне машине алатке базиране на O-X glide механизму и реализација симулације у CAD/CAM окружењу.

2. КИНЕМАТСКА СТРУКТУРА МАШИНА АЛАТКИ

Кинематска структура машина алатки представља основу њихових експлоатационих карактеристика. Увођењем нових концепција механичке структуре у градњу машина алатки подразумевају примену механизма са модификованом кинематском структуром. То значи да се уместо уобичајених механизма са **серијском** кинематском структуром у употребу уводе механизми са **паралелном** и **хибридном** кинематском структуром. Пример хибридног механизма је машина O-X glide, слика 1.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Слободан Табаковић, ред. проф.



Слика 1. O-X glide [1]

3. МАШИНА АЛАТКА НА БАЗИ МЕХАНИЗМА СА ХИБРИДНОМ КИНЕМАТИКОМ (O-X GLIDE)

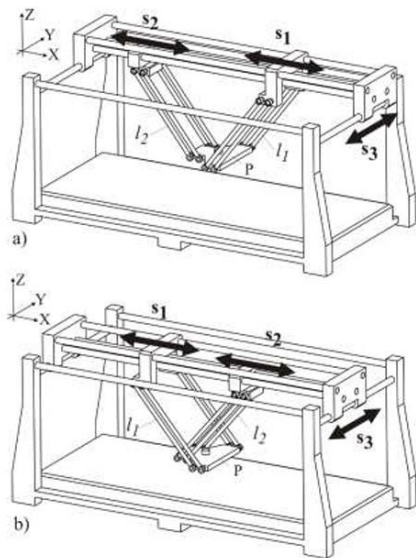
O-X glide (слика 2) је троосна машина са хибридном механизмом. Развијена је на Факултету техничких наука у Новом Саду, поседује серијско-паралелну кинематску структуру (равански паралелни механизам померљив на уздужном клизачу), намењена за едукацију.

Едукационе машине које се последњих година налазе на тржишту углавном користе машине са серијском кинематиком.

3.1. Опис концепције машине са хибридном кинематиком

Маachine са паралелном кинематиком се често комбинују са серијским механизмом. Комбиновање ова два механизма пре свега се користи како би се искористиле предности оба приступа кинематике. O-X механизам је настао комбиновањем раванског паралелног механизма и серијске транслаторне осе, која се налази на носећој структури машине.

Равански паралелни механизам је конципиран тако да извршни орган машине највећи део радног простора може досегнути у две конфигурације механизма, чиме се понаша дуално као два паралелна механизма са различитим карактеристикама.



Слика 2. Иницијална концепција машине на бази O-X механизма а) опружена O конфигурација, б) укрштена X конфигурација [2]

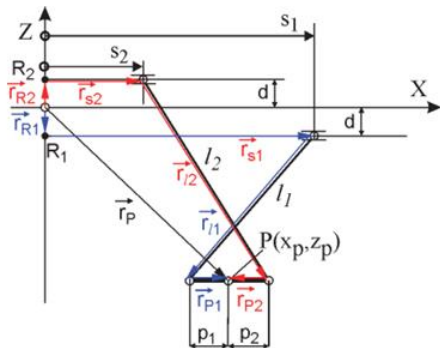
Дуалност механизма пружа додатне могућности приликом обраде радних предмета, али истовремено намеће потребу за комплекснијим управљачким алгоритмима, који треба да буду развијени за обе конфигурације машине.

Самим тим се проширују едукационе могућности машине.

3.2. Конфигурисање виртуелног прототипа машине са хибридном кинематиком

Виртуелни прототип ове машине са хибридном кинематиком је конфигурисан по модуларном принципу, тако да омогућава лако реконфигурисање у обе конфигурације паралелног механизма опружену O или укрштену X.

Пошто машина поседује инверзну и директну кинематику, за потребе управљања машином, потребно је савладати обе кинематике. Такође је неопходно извршити анализу радног простора, ради коректног позиционирања радних предмета у зони обраде, слика 3.



Слика 3. Кинематски модел O-X glide механизма

Решења инверзног кинематичког проблема (ИКП) за O-X glide механизам су:

- опружена конфигурација O-X glide механизма:

$$s_1 = x_p - p_1 + \sqrt{l_1^2 - (z_p + d)^2}$$

$$s_2 = x_p + p_2 - \sqrt{l_2^2 - (z_p - d)^2}$$

- укрштена конфигурација O-X glide механизма:

$$s_1 = x_p - p_1 - \sqrt{l_1^2 - (z_p + d)^2}$$

$$s_2 = x_p + p_2 + \sqrt{l_2^2 - (z_p - d)^2}$$

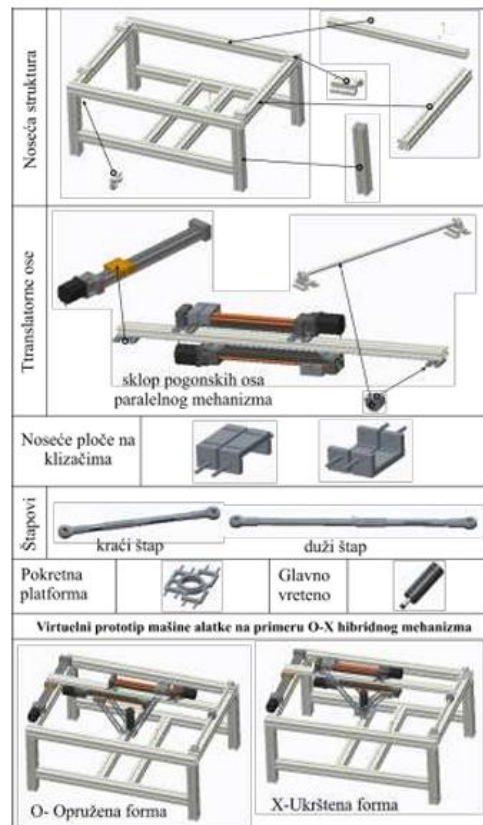
Решење директног кинематичког проблема (ДКП) за O-X glide механизам се може записати као:

$$z_p = \frac{-m_6 - \sqrt{m_6^2 - 4m_5m_7}}{2m_5}$$

$$x_p = m_3 + m_4 \cdot z_p$$

На слици 4 су показане реализације модуларног система за носећу структуру, транслаторне осе, склоп погонских оса паралелног механизма, носеће плоче на клизачима за везу са обртним зглобовима, штапова, платформе и главног вретена. Проласком кроз морфолошку матрицу са слике 3.3 и избором одговарајућих модула за основне функције машине, добијају се две могуће разматране варијанте машине и то опружене O и укрштене X.

Детаљније информације о концептуалној анализи O-X glide хибридног механизма се налазе у [3].



Слика 4. Конфигурисање виртуелног прототипа машине

4. ПРОГРАМСКИ СИСТЕМ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ ЗАДАТКА

Као систем за реализацију задатка машине алатке на бази O-X хибридног механизма се користи CAD/CAM окружење. За потребе овог рада коришћен је програмски систем *Siemens NX*, у коме је конфигурисан и виртуелни прототип.

Унутар програмског система NX-а налази се велики број различитих модула који се баве специфичним задацима. Конкретно у овом раду се користи *Manufacturing* и *Machine Tool Builder*.

4.1. Manufacturing

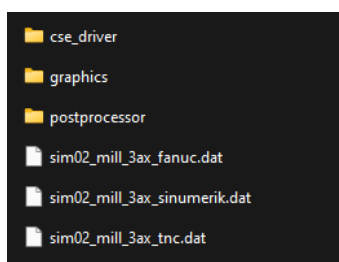
Manufacturing представља подсистем NX програмског система који омогућава интерактивно програмирање путање алата. NX повећава продуктивност инжењера тако што трансформише цео процес производње делова користећи један, *CAM* софтвер, аутоматизује програмирање, убрзава припрему за стварање управљачког програма и постиже високу прецизност користећи напредне технологије формирања путање алата и интегрисану симулацију вођену управљачким програмом [4].

4.2. Machine Tool Builder

Machine Tool Builder (MTB) је посебан модул у NX-*Manufacturing* подсистему који помаже при креирању кинематичког модела. Поред креирања модела, има могућност модификовања кинематичког модела и симулације. Пре почетка креирања кинематичког модела машине алатке, потребно је формирати модел склопа те машине. *MTB* користи кинематско стабло за представљање кинематичког модела који се креира. Ово стабло садржи кинематске компоненте и показује односе између сваке од тих компонената [4].

4.3. Machine Tool Library

Конструисана машина алатка може се сачувати у библиотеци машина програмског система (*Machine Tool Library*). Датотека треба да садржи поддатотеке са постпроцесорима који се користе на тој машини (*Sinumerik, Fanuc...*), *cse_driver*, као и фолдер *graphics* који представља фолдер склопа машине са свим компонентама. Такође у фолдеру постоји датотеке *.dat* различитих компанија нпр. *Fanuc, Sinumerik...* (слика 5).



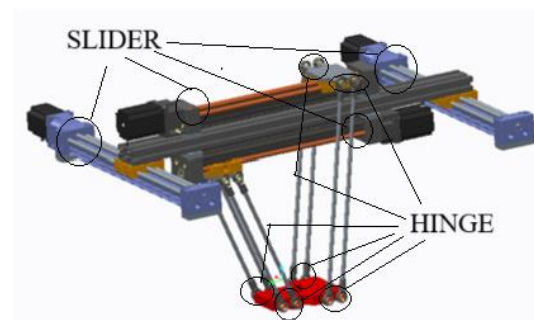
Слика 5. Пример фолдера сачуване машине алатке

5. ЗАДАТАК И РЕАЛИЗАЦИЈА

Практични део рада представља реализација симулације обраде радног предмета на машини алатки O-X

glide хибридног механизма. Циљ је проверити да ли *Siemens NX* може да оствари кретање машине алатке са хибридним, серијско-паралелним механизмом.

Симулација кинематике механизма машине алатке обухвата моделовање хибридног механизма са свим кинематичким везама између компоненти, што омогућава кретање виртуелних елемената прототипа као система крутог тела. Потребне кинематичке везе су три транслације које користе везу клизача (*Slider*), и 16 ротација, које користе обртне везе (*Hinge*), на местима везе штапова паралелног механизма са покретном платформом и са клизачима, слика 6.



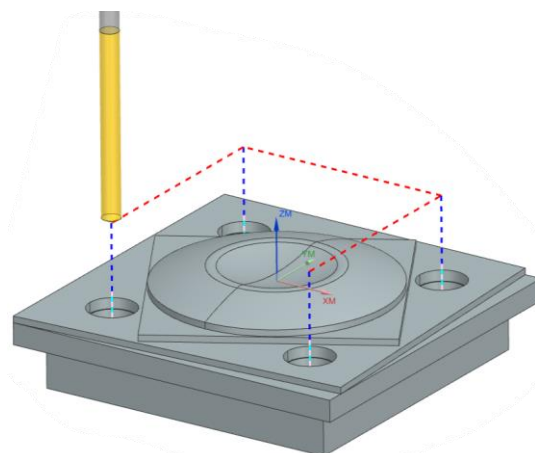
Слика 6. Кинематичке везе

Након дефинисања кинематичких веза, потребно је дефинисати кинематички модел преко *Machine Tool Builder-a*. Неопходно је дефинисати базу (*Machine base*), односно потребно је означити компоненте које су непокретне код машине, и машинску нулту тачку (*Machine Zero*), односно почетни (нулти) положај машине алатке. Машинска нулта тачка се код ове машине алатке налази на самом врху главног вретена.

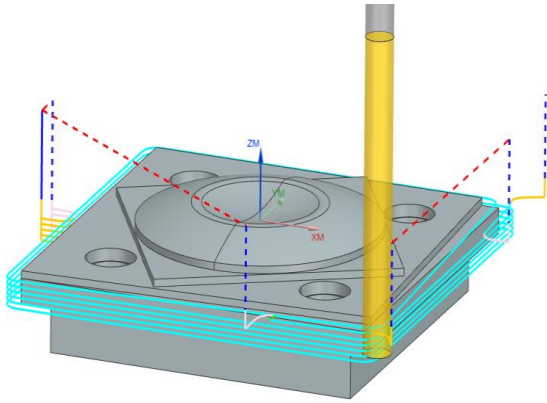
Након потенцијално успешног дефинисања кинематичког модела виртуелне машине алатке базиране на хибридном механизму, виртуелна машина се чува у библиотеци.

5.1. Симулација применом тест радног предмета

За проверу симулације виртуелне машине алатке користи се тест радни предмет (слика 6 и 7), у *Manufacturing-u*. Тест радног предмета је димензија 64x64мм.



Слика 6. Бушење рупа на тест радном предмету



Слика 7. Контурна обрада на тест радном предмету

6. ЗАКЉУЧАК

Развој машине алатке представља један од најсложенијих производа који се користе у машинству и спада у дуготрајан и комплексан посао који поред непосредног искуства инжењера захтева и познавање карактеристика компонената будуће машине.

Примена виртуелног прототипа је у потпуности оправдана будући да је већ у фази избора конфигурације елемената омогућила увид у: применљивост и степен искоришћености појединих компонената, исправност управљачког алгорита и експлоатационе карактеристике будуће машине алатке.

У раду је приказан виртуелни прототип машине са хибридном кинематиком који је конфигурисан у CAD/CAM окружењу, где је извршена и симулација рада механизма на тест радном предмету. Реализација симулације је успешна у циљу верификације реализованог прототипа и кинематике.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] S. Tabaković, "Savremeni prilazi u razvoju proizvoda 2022/23," [Online]. Available: <https://sova.uns.ac.rs/course/view.php?id=3620>. [Accessed 25 Avgust 2023].

- [2] S. Tabaković, S. Živanović, M. Zeljković and Z. Dimić, "Konfigurisanje nove edukacione mašine alatke na bazi mehanizma sa hibridnom kinematikom," 2021. [Online]. Available: <https://machinery.mas.bg.ac.rs/handle/123456789/3466>. [Accessed 11 Septembar 2023].
- [3] S. Živanović, S. Tabaković, M. Zeljković and Z. Milojević, "Configuring a machine tool based on hybrid O-X glide mechanism," in *MACHINE DESIGN, VOL.8*, Novi Sad, Belgrade, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering and University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering, 2016, pp. 141-148.
- [4] "Integrated Simulation and Verification (ISV)," SIEMENS, [Online]. Available: <https://docs.sw.siemens.com/en-US/doc/209349590/PL20200605194735749.mfgisv/xid1122086>. [Accessed 24 Septembar 2023].
- [5] "Indish Technologies," 29 April 2013. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.indishtech.com/wp-content/uploads/2018/07/Siemens-NX-manufacturing-technology.pdf>. [Accessed 24 Septembar 2023].

Кратка биографија:



Ђорђе Пуповац рођен је у Врбасу 1999. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинство – Производно машинство, одбранио је 2023. год. контакт: djordjepupovac2013@gmail.com